

SRAMの高性能化と高品質化に関する研究

Research on High-Performance and High-Reliability SRAM

2008年2月

木原 雄治

SRAMの高性能化と高品質化に関する研究

Research on High-Performance and High-Reliability SRAM

2008年2月

早稲田大学大学院情報生産システム研究科
情報生産システム工学専攻 回路構成技術研究

木原 雄治

内容概要

半導体メーカー及び早稲田大学大学院において、SRAMの研究開発と事業推進に従事した。事業化と開発は表裏一体の関係にある。事業で優位に立つために、開発において、先端技術を用いた微細化の推進、あるいは、独創的技術による低コスト化と高性能化に取り組む必要がある。この認識の下、時代と伴に移り変わる市場と技術を背景に様々なSRAMの開発に励んできた。SRAMという技術は、いかなるシステムにおいても、あるいは、いかなるLSIにおいても必要不可欠な基本技術であり、各システムにおいては単体SRAMが、システムLSI、マイコン等のロジック系LSIに内蔵SRAMが、基本的パーツとして使用されている。両SRAMは技術の基本は同じであるが、それぞれの環境においてそれぞれの発達をしてきた。しかし、現時点においては、微細化が進んできたことにより、これまでの延長線で捉えることが不可能になりつつある。これに伴い、技術のトレンドも変わろうとしている。高性能化と低コスト化という方向性は共通であるが、置かれた環境の違いにより、単体SRAMと内蔵SRAMそれぞれが技術の変化における対応を進めている。

歴史的に示すと、2000年までは大きな技術問題は存在しなかった。単体SRAMにおいてメモリセルは基本的にフリップフロップで構成されているが、様々なタイプのメモリセルが存在し、特性とコストから様々な選択がなされてきた。一方、内蔵SRAMにおいては、基本的に単体SRAMで培ってきた技術を適用して行くのではあるが、ロジック回路との親和性からCMOS型しか存在しえないと考えられてきた。低電圧化が進んだことにより、単体SRAMもCMOS化されたため、若干の違いはあるが、微細化、高速化、高品質化において、最終的には技術の方向性が一時的に揃った。

2001年以降、SRAM技術が微細化とともに難易度が高くなってきた。対策方法が、単体SRAMと内蔵SRAMでは異なるため、技術開発も別の方向に進むこととなった。単体SRAMにおいては、メモリセルに新規の構造を取り入れることが容易なため、現行のSRAM技術は限界とみて、以前のSRAMとは動作原理が異なる新構造のRAMに切り替えて問題解決を図ることができた。しかしながら、内蔵SRAMにおいては、ロジック回路との親和性という観点から簡単に新構造を取り入れるわけにはいかないので、CMOS型のSRAMで微細化が進んだ現在でも対応している。

・論点

本論分は、時代と伴に移り変わる市場と技術を背景に、時代の要請に基づいて開発したそれぞれのSRAMについての開発結果を纏めるとともに、一つの技術の流れと認識して将来のあるべき姿の具現化を提案するものである。SRAM開発の基本技術はメモリセルと高速化であり、LSI開発における普遍の技術と考えられるので、まずこの点について述べる。次に、微細化が進むことで特性の問題が顕在化し、大容量化を進めて行く上での難易度が高くなりつつある先端プロセスのSRAMに対し、他のメモリ技術との比較の上でこれらのメモリの問題点も合わせて論じる。単体SRAMにおいては、新しい考え方の新型RAMの開発を実行した。新型RAM(SuperSRAM)は、DRAM技術とSRAMで実績のあるTFT技術を用いた新しいメモリセルを開発したものであり、製品としては16Mビットの低消費電力SRAMを開発した。当技術により問題点は全て解消された。この新型RAMの開発に使用した技術の詳細と評価結果の説明を様々な角度から実施する。単体SRAMにおいては対策が完了したが、内蔵SRAMについては手付かずの状況が続いていたので、内蔵SRAMの特性改善に取り組んだ。内蔵SRAMの特性改善状況についても述べる。

目次

第1章 序論

- 1-1 研究の背景と目的
- 1-2 当論文の内容

第2章 SRAMの高性能化

- 2-1 SRAMメモリセル技術
- 2-2 SRAM高速化技術
- 2-3 SRAM設計まとめ

第3章 SuperSRAM技術

- 3-1 RAM技術の課題
- 3-3 SuperSRAM開発
- 3-4 SuperSRAM技術のまとめ

第4章 SuperSRAMのソフトエラー耐量

- 4-1 現行RAMのソフトエラー耐量
- 4-2 ソフトエラー対策としてのSuperSRAM技術
- 4-3 SuperSRAMのソフトエラー特性まとめ

第5章 新SRAM動作理論

- 5-1 SRAM技術の問題点整理
- 5-2 Dynamic Stability理論
- 5-3 新SRAM動作理論まとめ

第6章 内蔵SRAMの高品質化技術

- 6-1 内蔵SRAMの高品質化技術
- 6-2 CMOS SRAMのソフトエラー対策
- 6-3 横長型CMOS SRAMのラッチアップ対策検討
- 6-4 スタンバイ電流値低減対策
- 6-5 内蔵SRAM高品質化まとめ

第7章 結論

- 7-1 結論(各論)
- 7-2 結論(総論)